

wszystkie są zdolne do jej przewodzenia. Warstwy, przewodzące wodę, znajdują się w różnych głębokościach, naprzemian z warstwami nieprzepuszczalnymi i tworzą różne poziomy wód gruntowych (zwane horyzontami), znajdujących się z reguły pod ciśnieniem większym od atmosferycznego.

Nie cała ilość wody, zawartej w strefie nasyconej, może być z niej odprowadzona, ilość ta stoi w związku z przepuszczalnością pokładów, zbliżyć się będzie zatem do zera w ilach, choćby zupełnie przesyconych wodą, zaś do objętości wolnych przestrzeni w żwirach lub większych szczelinach. Objętość wody, zwolnionej skutkiem obniżenia poziomu wody gruntowej z jednostki objętości pokładu, nazywamy współczynnikiem jednostkowego wydatku. W warstwach, przewodzących wodę, współczynnik ten waha się najczęściej w granicach 0,2 do 0,25 (tj. 200 — 250 l wody z 1 m³ pokładu), ale nie jest on stały ani w przestrzeni ani w czasie, wzrasta bowiem w miarę obniżania się zwierciadła wody i trwania tego obniżania.

Natomiast przez jednostkową wydajność warstwy wodonośnej rozumiemy ilość wody, jaką można uzyskać z niej stale, przy obniżeniu zwierciadła wody o jednostkę długości. Wydajność obliczamy dla jednej studni, doprowadzonej do tej warstwy, bądź też dla szeregu studzien, lub dla kanału zbiorczego, licząc ją wówczas na 1 mb.

2. Występowanie wód wgłębnych.

Zbiorowiska wód wgłębnych, graniczące ze strefą nawietrzoną, mogą być odosobnione, jak np. zbiorniki wód zaskórnych, w których wymiana odbywa się tylko drogą przesiąkania i parowania, albo też stanowią one pewną całość o większej rozciągłości zarówno w kierunkach poziomych jak i w głąb ziemi. Ponieważ dopływ, przesiąkających cząstek, wody nie jest nigdy jednostajny na większej przestrzeni, wobec różnic w natężeniu opadów, przepuszczalności wierzchnich warstw, szacie roślinnej, konfiguracji terenu a przez to i grubości strefy nawietrzonej, pochyłości stoków itp., przeto, nawet przy poziomym układzie warstwy podtrzymującej wodę, rzadko kiedy zwierciadło wody wgłębnej będzie poziome, stąd rzadko kiedy woda gruntowa będzie w spoczynku. Ruch wody gruntowej przybierze jednak wyraźny i określony kierunek dopiero wówczas, skoro pokłady nieprzepuszczalne są nachylone do poziomu. Kierunek spływu wód gruntowych może być

zgodny z kierunkiem spływu wód na powierzchni, ale może też być zupełnie odcień niezależny. Ujście, wytworzonego w ten sposób, strumienia wody gruntowej znajduje się na powierzchni ziemi w postaci źródeł lub podwodnego zasilania ścieków, albo też w głęboko położonych zbiornikach wód podziemnych.

Pozatem warstwa podtrzymująca wodę może mieć spękania, szczeliny, lub jest tylko trudno przepuszczalną tak, że woda w niewielkiej ilości i w bardzo powolnym tempie przedostawać się będzie do warstw przewodzących niżej położonych.

Jeżeli kolejne następstwo warstw przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych będzie się powtarzać kilkakrotnie, wówczas możemy mieć kilka horyzontów wód głębszych. Górną granicą niższych horyzontów będzie spód stropowej warstwy trudno przepuszczalnej, ale zwierciadłem wolnym będzie dla każdego horyzontu poziom znacznie wyższy, zależny od ciśnienia hydrostatycznego wód z tym poziomem związanych. Z poziomów niższych może woda gruntowa również dostać się na powierzchnię, w sposób podobny jak woda z horyzontu wierzchniego, lub też w postaci naturalnej czy sztucznej studni wytryskowej (artezyjskiej).

Z dolnych horyzontów zwykle największym co do rozciągłości i co do objętości wody, jest horyzont najniższy, położony na pokładach zupełnie prawie nieprzepuszczalnych.

Ponieważ w naturze rzadko kiedy mamy do czynienia z pokładami jednolitemi co do grubości ziarn i miąższości, jakoteż jednako pochyleniami, ponieważ zachodzą często wyklinowania się pokładów, pofałdowania, uskoki, a w skałach nieregularne większe spękania i szczeliny, przeto często różne horyzonty wody są z sobą w związku, nawet gdyby nie było bezpośredniego pionowego przesiąkania.

Przy tworzeniu się większych zbiorowisk wody gruntowej odróżnia Imbeaux⁸⁾ trzy rodzaje terenów:

1. Tereny, w których warstwy nieprzepuszczalne, przeważnie starszego pochodzenia, wypiętrzone są do poziomu bliskiego powierzchni ziemi, tworząc t. zw. elementy dodatnie (éléments positifs). W terenach tego rodzaju nie znajdujemy zupełnie wody gruntowej, albo znajdujemy ją w bardzo niewielkich ilościach w szczelinach, zwykle w postaci odosobnionych wystąpień.

2. Obszary o dnie nieprzepuszczalnym, silnie zagłębionym, wklęsłym (éléments négatifs), tworzącym rodzaj niecki różnej wielkości i kształtu, wypełnionej rozmaitego rodzaju utworami, więcej lub mniej przepuszczalnymi, w których może wytworzyć się pew-

nego rodzaju ciągła sieć wód wglębnych. Obszary tego rodzaju nazywa *Imbeaux* basenami hydrogeologicznymi.

3. Tereny o silnych dyzlokacjach warstw skalnych, a więc przede wszystkim utwory górskie, w których trudno wysledzić ciągłość podziemnej sieci wodnej (*zones de plissements*).

Baseny hydrogeologiczne nie mają pod względem rozciągłości związku z dorzeczami powierzchniowymi, nawet płytkie morza nie przerywają nieraz ich ciągłości, uwarunkowanej rzeźbą pokładu nieprzepuszczalnego. Jako przykład, przytacza *Imbeaux* wielki basen angielsko-paryski, przechodzący pod kanałem *la Manche*. Poszczególne baseny hydrogeologiczne rozgraniczone są pokładami nieprzepuszczalnymi, w postaci łańcuchów górskich, lub też wypiętrzeń, kryjących się pod płaskowzgórzami. Dotychczasowa znajomość wnętrza skorupy ziemskiej pozwala na ściślejsze określenie zaledwie kilkunastu większych basenów w Europie i Stanach Zjednoczonych. Do takich należy u nas niecka prusko-mazowiecka. Podłożem znanych basenów hydrogeologicznych są przede wszystkim skały krystaliczne, następnie iły, margle (np. opoka kredowa) itp.

Dobrimi przewodnikami wody zarówno wewnątrz wielkich basenów hydrogeologicznych, jak i w innych terenach, są przede wszystkim skały luźne w młodszych formacjach geologicznych, a mianowicie gruboziarniste piaski i żwiry w pokładach czwartorzędowych i trzeciorzędowych. W tych ostatnich dobrimi przewodnikami mogą być też piaskowce i wapienie (np. wapień litotamniowy w okolicy Lwowa). Przewodzą wodę, jakkolwiek słabo, piaski drobniejsze, poniżej 0,2 mm średnicy, gliny nawiane i namuły.

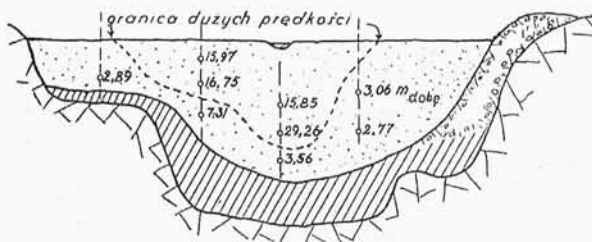
W starszych formacjach ograniczają się dobre przewodniki do skał litych, posiadających odpowiednią ilość szczelin, spękań, uskoków, przestrzeni międzywarstwowych, oraz części zwietrzałych. W miarę posuwania się wgląd ziemi zmniejszają się wymiary szczelin, pod wpływem wzrostu ciśnień tektonicznych, wzrasta jednak temperatura wody i zmieniają się warunki ruchu. Na podstawie dzisiejszego stanu badań, niepodobna określić granicy, w jakiej spotkać się możemy z brakiem dobrych przewodników wody. Dotychczasowe wiercenia lub szyby kopalniane nie przekraczają głębokości trzech tysięcy kilkuset metrów. W głębokościach tych spotykamy się z warstwami wydającymi pokaźne ilości wody, zwykle słonej. Najgłębszy otwór wiertniczy w *Vera Cruz* (3 228 m) w Meksyku wydaje z pokładów wapienia porowatego, o szczelinach dochodzących do calowej średnicy, 2 000 m³ solanki na godzinę, o temperaturze przy wypływie 70°C*).

*) Przegląd górniczy i hutniczy 1933.

W granitach zwykle już na głębokości 100 m szczeliny nie są w stanie wydać wody pod normalnem ciśnieniem. Większe zbiorowiska wód wgłębnych znajdować się będą przeważnie w wierzchnich pokładach luźnego materiału młodszego pochodzenia.

3. Doliny alluwjalne.

Miejscami gromadzenia się wód wgłębnych w najmłodszych pokładach są doliny rzeczne wyścielone materiałem silnie porowatym, naniesionym przez samą rzekę, w postaci żwirów, piasków i namulów, które przy odpowiedniej średnicy ziarn, dobrze przewodzą wodę. Jeżeli dno doliny, erodowane jest w pokładach trudniej przepuszczalnych i posiada spad zbliżony do spad rzeki, wówczas alluwjami płynąć będzie strumień wody gruntowej, którego kierunek spływu będzie zgodny z kierunkiem ruchu wody w ścieku. Mimo dużych nieraz rozciąłości alluwjów rzecznych, ilość wód w nich płynących, w stosunku do wód w ścieku, wobec ogromnej różnicy w prędkości poruszających się cząstek wody, nie jest wielka. Z wyjątkiem bowiem okolic górskich i podgórskich, gdzie głównym materiałem w alluwjach są żwiry, inne rzeki prowadzą rumowisko przeważnie drobniejsze, a co gorsza zmieszane z ziarn o różnej grubości, przez to słabiej przewodzące wodę. Jak różnorodne mogą być prędkości poruszania się cząstek wody, w tym samym nawet przewodniku, okazuje przykład podany przez Slichter'a dla jednej z rzek w Kalifornji (rys. 4) (prędkości podane w $m/dobę$).

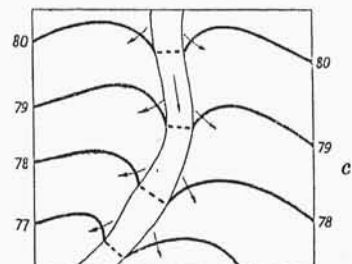
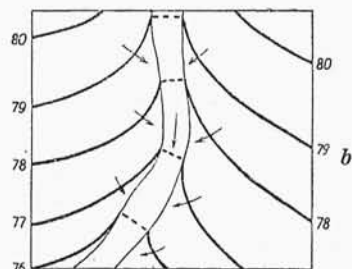
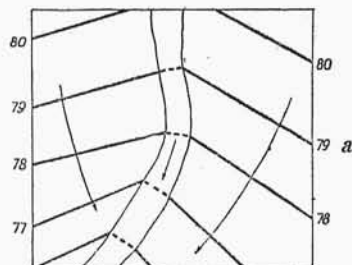


Rys. 4.

Prędkości wody gruntowej w dolinie alluwjalnej.

Najczęściej prędkości wód wgłębnych, w dolinach alluwjalnych, nie przekraczają kilku metrów na dobę. W piaskach Brooklyn'u skonstatował Slichter tylko 0,33 $m/dobę$.

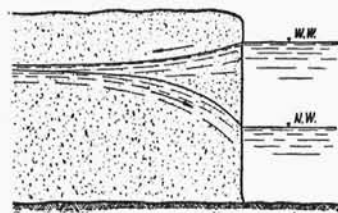
Przy ustalonych warunkach odpływu, poziom wód wglębnych w dolinie alluwialnej i w rzece powinien być identyczny, a warstwie równego poziomu wód wglębnych powinny przebiegać prostopadłe do biegu rzeki. Jeżeli jednak pokłady alluwialne łączą się bezpośrednio z pokładami przepuszczalnymi sąsiednich terenów, wówczas strumień wody, płynący alluwjami, będzie równocześnie odbiornikiem dla wód wglębnych, spływających ze stoków a stąd kierunek ruchu będzie koncentryczny ku osi strumienia i odpowiednio ułożą się też warstwie wody gruntowej (rys. 5a).



Rys. 5a, b, c.

Układ warstw wody gruntowej w zależności od zmian stanu wody.

Poziom wód wglębnych w dolinie alluwialnej może ulegać, wobec niewielkiej ich odległości od powierzchni ziemi, bardzo dużym zmianom. W czasie niskiego stanu wód gruntowych, woda rzeczna będzie infiltrować w sąsiednie pokłady, wypełniające dolinę, zaś w okresie wysokiego poziomu tych wód, dopływ ich do rzeki wzrasta bardzo znacznie. To samo zjawisko otrzymamy przy zmianie stanów wód w rzece: w czasie wezbrania rzeka zasila zbiornik wód wglębnych, w okresie niskich stanów, wody wglębne spływają do koryta rzeki. Odpowiednio do tego zmienia się położenie warstw wody gruntowej. Jednak wobec szybkości zmian w stanach wód płynących, a bardzo małej prędkości wód wglębnych, wzajemne oddziaływanie ograniczy się na względnie niewielki pas terenu, wzdłuż brzegów rzeki. Warstwie wody wglębnej zmienia więc swoje położenie tylko w pobliżu koryta rzeki (rys. 5 b, c i rys. 6).

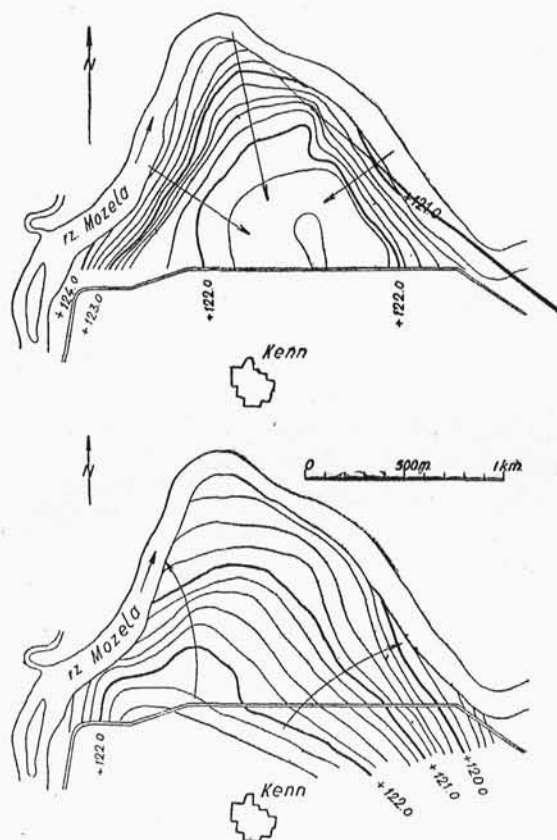


Rys. 6.

Infiltracja i spływ wody gruntowej.

W sprzyjających warunkach, tj. przy dużej przepuszczalności pokła-

dów i długo trwających wysokich stanach w rzekach, może kierunek spływu wód głębszych ulec dużej zmianie, jak świadczy przykład podany przez Prinz'a dla rzeki Mozeli pod Kenn (rys. 7). Wzajemna wymiana wód nie ma wielkiego wpływu na wyrównanie przepływów, ponieważ objętości wody, jakie tą drogą dostać się mogą do gruntu w czasie wysokiego poziomu wody w rzece, nie są znaczne, natomiast może mieć duże znaczenie dla utrzymania



Rys. 7.

Warstwie poziomu wód gruntowych w czasie wysokiego i niskiego stanu na Mozeli pod Kenn.

stanu wilgotności w podglebiu. Wobec wielkiej różnorodności w grubości i kształcie ziarn pokładów alluwjalnych, zatrzymuje się woda w nich stosunkowo długo i może stanowić bardzo pożądaný zapas dla roślinności, zwłaszcza w porze letniej, kiedy prze-siękanie z wody opadowej jest minimalne. Temu zawdzięczają swoją żyzność pastwiska położone nad Dniestrem i jego karpac-

kiemi dopływami. Koryto tych rzek, głęboko wcięte w teren, nie dopuszcza na sąsiednie grunty wód powodziowych, natomiast ułatwia ich infiltrację. Ponieważ powódzie w rzekach karpackich przypadają na okres niskich stanów wód wgłębnych, przeto rośliny otrzymują tą drogą potrzebny im zapas wilgoci.

Łączność wody, płynącej na powierzchni, z wodą w alluwjach występuje również na jaw przy zmianie szerokości i miąższości pokładów alluwjalnych. Zwiększenie ich powoduje silniejszą infiltrację wody rzecznej, zmniejszenie zaś konieczność odpływu części wód podziemnych do rzeki. W pewnych wypadkach zjawiska te mogą wystąpić w sposób bardzo gwałtowny, jeżeli np. rzeka z obszernej doliny wchodzi w przełom. Pod Bingen ilość wód, wracających w ten sposób do koryta Renu, wynosi 19% objętości małej wody. Podobne zjawiska można zaobserwować na niektórych rzekach karpackich np. na Sole.

4. Doliny dyluwjalne.

Ilość wód wgłębnych, towarzyszących biegowi rzek, może zwiększyć się bardzo znacznie, jeżeli rzeka płynie korytem wyłożeniem w epokach wcześniejszych, w materiałach również przepuszczalnych, złożonych w dolinach starszego pochodzenia. Odnosi się to przede wszystkim do okresu dyluwjalnego, kiedy i ruch rumowiska i ilości płynących wód były znacznie większe. To też rozmiary dolin dyluwjalnych są zwykle o wiele większe, zarówno w kierunku poprzecznym jak też wzdłuż. Zwłaszcza ma to miejsce w terenie nizinnym, gdzie położenie koryta rzecznego w ciągu długich wieków mogło ulegać bardzo dużym zmianom. Tak np. dolina Renu, między Bazyleją a Moguncją, stanowi wraz z dolinami sąsiednich rzek i dopływów, jeden wielki kompleks warstw przewodzących wodę, przerywanych pokładami namułów i ilów. Szerokość doliny wynosi przeciętnie 30 km, grubość pokładów wodonośnych 15 m, ale dochodzi miejscami do 100 m. Pole przepływu wód wgłębnych jest 800 razy większe od pola przepływu Renu, przy średnim stanie wody. Podobne zjawiska można obserwować na wielu rzekach karpackich, o ile bezpośrednio wypływają z gór w szeroką dolinę, tak np. Stryj i jego dolne dopływy płyną w jednej dolinie alluwjalno-dyluwjalnej. Rumowisko Łomnicy znaleźć można w potoku Dubie, płynącym o kilka kilometrów na zachód i uchodzącym do Czeczwy, itp.

Bezpośrednia wymiana wody w tego rodzaju dolinach rzecz-

nych, ograniczona na wąski pas brzegów, ma wówczas mniejsze znaczenie. Sondy wykonane w przekroju poprzecznym Stryja, powyżej miasta Stryja, wykazały, iż, mimo podłoża złożonego z grubych żwirów z piaskiem, tylko najbliższa sonda, położona na krawędzi terenu zalewowego rzeki w odległości 770 m od brzegu, reagowała bezpośrednio na zmiany wody w rzece z trzydniowym opóźnieniem i to tylko w razie dłużej trwających powodzi. W innych sondach wahał się poziom wody w miarę zmian temperatury, opadów itp. czynników, bez związku ze stanem wody w rzece (patrz rys. 73).

Podobny wynik dały pomiary stanów wód w studniach krakowskich, gdzie wyraźnie oddziaływały wezbrania Wisły tylko na studnie położone w dawnych koryciskach rzeki.

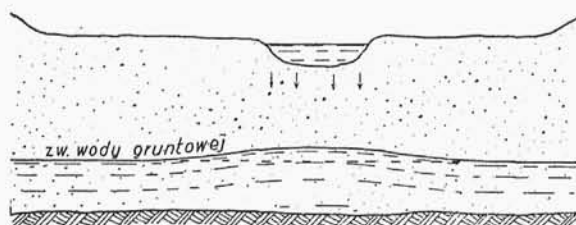
Silnie przepuszczalne pokłady reagują nawet na krótkotrwałe zmiany stanu wody powierzchniowej, np. przy ujściu Wezery amplituda przypływu morza (3,30 m) dawała falę wzniesienia wody gruntowej o amplitudzie 1,20 m.

Jakkolwiek zmiany stanów wód w rzece mają zasięg wpływu ograniczony, to jednak średni poziom wód, względnie poziomy długotrwałe, będą oddziaływały na ułożenie się poziomu wód wgłębnych w całej dolinie alluwjalno-dyluwjalnej. Ma to ogromny wpływ na urodzajność gruntów nie tylko nadbrzeżnych, sąsiadujących z rzeką, ale w całym obszarze podlegającym temu wpływowi. Właściwemu poziomowi wód w rzekach zawdzięczają np. swą urodzajność niziny nadwiślańskie; niewłaściwemu a mianowicie zbyt wysokiemu, w stosunku do poziomu doliny, rozliczne obszary bagien w Polsce. Natomiast mniej niebezpieczny jest niski poziom wód w rzekach w stosunku do poziomu gruntów. Przesuszenia skutkiem obniżenia poziomu wód rzecznych dotyczą zazwyczaj tylko wąskiego pasa terenów nadbrzeżnych, bardzo różnorodny bowiem skład ziarn w alluwjach nie pozwala na obniżenie się stanu wód wgłębnych, w większej odległości od brzegów. W każdym razie przy wszystkich przedsięwzięciach regulacyjnych, które mogą pociągnąć za sobą zmianę ustalonych poziomów w rzekach, powinno być ściśle badane wzajemne oddziaływanie na siebie wód powierzchniowych i wgłębnych.

W rzekach, prowadzących bardzo wiele rumowiska różnorodnego pod względem składu, daje się w biegu dolnym zauważyć niekiedy podnoszenie się powolne koryta rzeki ponad dno doliny, jednak bez zbytowego jej zabagnienia. Przyczyna leży w zupełnym prawie rozluźnieniu związku pomiędzy wodą wgłębną a rzeką. Dno rzeki, zapełnione zmiennem co do kształtu i wielkości rumowiskiem, może się stać dla wody prawie nieprzepuszczalnym,

niski zaś poziom wód wglębnych, w stosunku do poziomu wody w rzece, nie pozwala na zasilenie jej zbiornikiem podziemnym. Nieznaczne ilości wody rzecznej, jakie przez dno będą się przesączały, spowodują tylko miejscowe podniesienie się poziomu wód gruntowych (rys. 8).

W rzekach, płynących głęboko wciętem korytem, których dno zbliża się do warstwy nieprzepuszczalnej, lub leży niżej, infiltracja terenów nadbrzeżnych zmniejsza się lub ustaje, a pozostaje tylko zasilenie wód płynących wodą gruntową.



Rys. 8.

Infiltracja przez dno rzeki.

Obszary, które podlegały kilkakrotnym zlodowaceniom, posiadają nieraz kilka poziomów dolin w postaci teras, wówczas tylko najniższe piętro doliny, graniczące z alluwjami, może wykazywać związek między wodą gruntową a rzeczną.

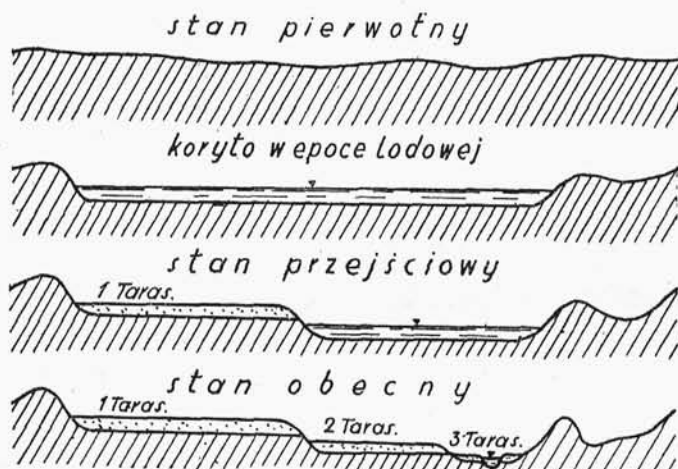
Dzisiejsze doliny alluwjalne, niezawsze są jednak zgodne co do kierunków z dawnymi dolinami dyluwjalnymi, t. zw. pradolinami. Ścieki obecne, w tych pradolinach, mogą miejscami płynąć nawet w kierunku przeciwnym niż płynęły dawne rzeki dyluwjalne (Brda, Bzura), bardzo często się z nimi krzyżują, a jeśli nawet na jakimś odcinku płyną zgodnie, to nie odpowiadają dawnym rzekom ani pod względem spadów, ani objętości przepływu. Stąd znajdujemy nieraz potężne co do rozmiarów i objętości wody strumienie wód gruntowych, nie znajdujące wytłumaczenia w dzisiejszym systemie wodnym. Pradoliny wypełnione żwirami, piaskami i namułami dochodzą do znacznych szerokości, posiadają niejednokrotnie kilka poziomów (terasy) lub kilka odnóg, z różnych okresów zlodowacenia, mają swoje dopływy i sięgają znacznych głębokości.

Przykład rozległej doliny dyluwjalnej Sanu, z zaznaczającymi się terasami, podaje rys. 36. Tworzenie się teras dyluwjalnych w dolinie Garonny pod Tulużą, podaje M a n d o u l¹⁰⁾ w schemacie przedstawionym na rys. 9.



Pradoliny dyluwjalne w łączności z alluwjami, albo i bez nich, mogą być znakomitym przewodnikiem wody gruntowej, zużytkowywanym dla zaopatrzenia miast w wodę.

Na terenie ziem Polskich najdalej ku północy wysuniętą jest resztką pradoliny, pochodząca z końcowego stadjum okresu lodowego Wisły, naokoło Kępy Oksywskiej, zasilanej przez doliny potoku Chyłońskiego i Redy. Następną z kolei jest wielka pradolina Toruńsko-Eberswaldzka, ciągnąca się u stóp pojezierza, począwszy od rzeki Bugu. Doliną tą płynie dolna Brda i Noteć, a więc rzeki niewielkie, gdy szerokość doliny dochodzi do 30 km. Pradolina Wisły, w przedostatniej fazie okresu lodowcowego,



Rys. 9.

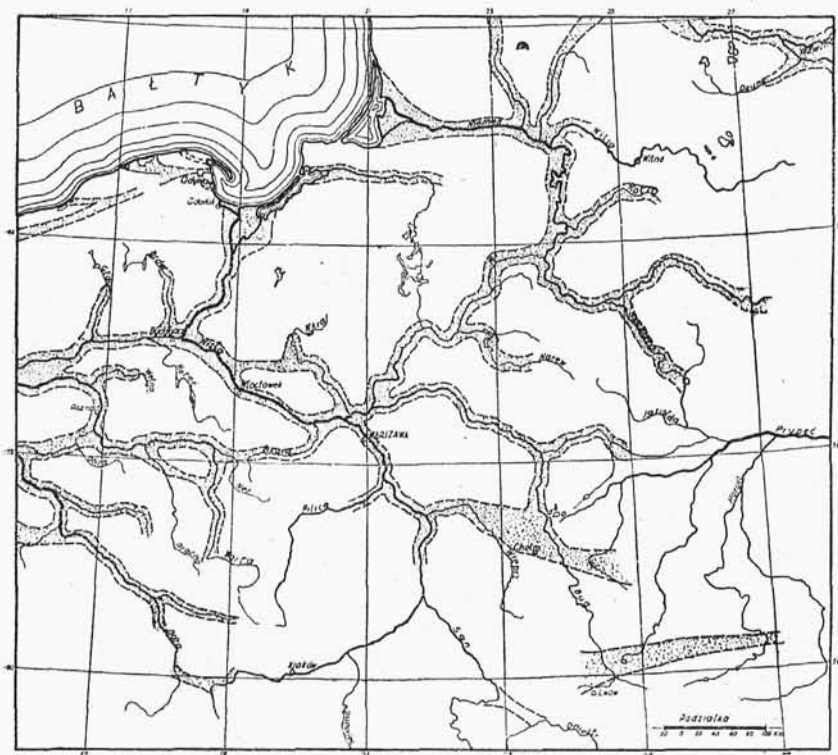
Schemat teras dyluwjalnych na Garonnie.

t. zw. Warszawsko-Berlińską przebiegają dzisiejsze rzeki Bzura, Ner, Warta, Odra, a w Niemczech, Sprewa i Hawela. Na wschodzie są jej ślady w trzech odnogach: Narew — Niemen, Bug — Prypeć i Wisła — Wieprz. Kształt tych dolin wskazuje, że wody piętrzone posuwającym się od północy lodowcem, stanowiły raczej ciąg jezior, niż normalny bieg rzek. Nad Wartą i Odrą szerokość doliny dochodzi do 30 km, zaś głębokość do 50 m. Najślabiej rozwiniętą jest czwarta z kolei dolina Baryczy, od Prosny do Odry.

Kierunek spływu wszystkich tych czterech pradolin był ze wschodu na zachód. Śladem pradoliny lodowcowej jest też obniżenie terenu między Rostoczem a Wyżyną Lubelską, któremu dziś

płyną dopływy Bugu, Styru i Ikwy. Prawdopodobny bieg dolin dy-
luwjalnych w Polsce podano według Pawłowskiego ¹¹⁾ na
rys. 10.

Jeżeli obecny bieg rzeki przecina poprzecznie pradolinę
dyluwjalną, to na linii przecięć często występują źródła, na-
odwrot rzeki tracą niejednokrotnie wiele wody na zasilanie pokła-
dów wodonośnych w pradolinach, jak np. Odra między Raciborzem
a Wartą.



Rys. 10.

Pradoliny dyluwjalne na terenie ziem polskich.

Obok pradolin rzecznych, miejscem występowania wód grun-
towych, w pokładach epoki czwartorzędowej, są moreny polodow-
cowe, zarówno denne jak i czołowe. Materiał moren dennych,
w pierwotnym swoim ułożeniu, jest właściwie prawie nieprze-
puszczalny, o ile jednak późniejsze działania wody wyługują drobne
cząstki glin, mogą powstać warstwy dobrze przewodzące wodę.
Warstwy te przykryte często późniejszymi utworami następnych

faz zlodowacenia, słabiej przepuszczalnemi, mają zwykle wodę artezyjską. Moreny czołowe, złożone ze zbiorowiska kamieni, żwirów, piasków, wzniesione nieraz wysoko ponad sąsiednie niziny, są zasadniczo dobrym przewodnikiem wody, stosunki jednak wodne są często bardzo powikłane, wobec późniejszych zmian, jakim pozostałości te po lodowcu uległy. Stąd obok zbiorników wód stojących, przejawiających się nawet na powierzchni w postaci jezior, spotykamy strumienie wód wgłębnych, o bardzo różnej rozciągłości i wydajności.

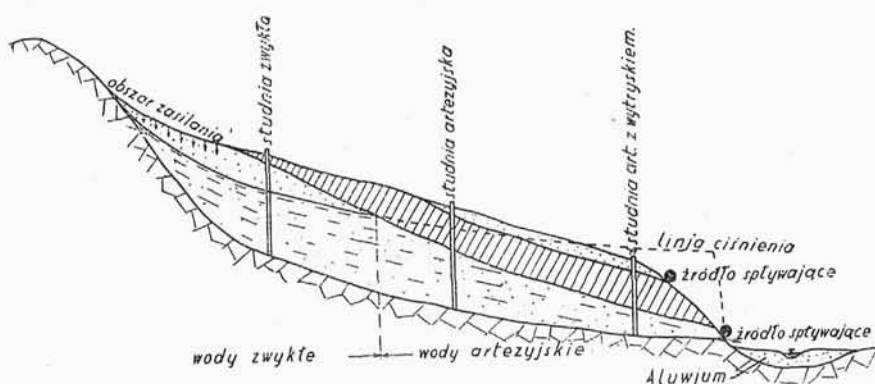
5. Formacje starsze. Wody artezyjskie.

Warstwami starszego pochodzenia, przewodzącemi wodę w większej ilości, są przede wszystkim pokłady trzeciorzędowe, w postaci piasków, zalegających naprzemian z łłami spąg pokładów dyluwjalnych i wypełniających przeważną część wielu basenów hydrogeologicznych (np. nieckę mazowiecką). Zasilanie tych warstw może nastąpić przez powolne przesiąkanie cząstek wody przez pokłady trudniej przepuszczalne, ale najczęściej odbywa się w miejscach, gdzie warstwy przepuszczalne mają styczność z powierzchnią ziemi, a więc wzniesionych ponad poziom badanych pokładów.

Stąd dolne pokłady warstw wodonośnych, w basenach hydrogeologicznych, zarówno pochodzenia dyluwjalnego jak i trzeciorzędowego, przewodzą przeważnie wody pod ciśnieniem, czyli artezyjskie.

W pokładach tego rodzaju należy odróżnić obszar zasilania, na którym woda atmosferyczna dostaje się wgłęb ziemi, gdzie więc woda gruntowa styka się bezpośrednio ze strefą nawietrzoną i obszar pod ciśnieniem, w którym wysokość ciśnienia regulowana jest poziomem wolnego zwierciadła wody gruntowej w strefie zasilania, a przy wodzie płynącej, poziomem jej w miejscu gdzie strumień wody gruntowej zaczyna się spiętrzać skutkiem napotkanych oporów. W tym wypadku wielkość ciśnienia zależy również od wielkości oporów, a co za tem idzie od długości i przebytej drogi i przesiąkalności przewodnika. Wody artezyjskie mogą mieć naturalny odpływ, poniżej obszaru ciśnienia, bądź na powierzchnię ziemi, bądź też poniżej zwierciadła wielkich zbiorników wody. Schemat występowania wód artezyjskich na zewnątrz (według Imbeaux) podaje rys. 11. Wody artezyjskie mogą występować w różnych poziomach, jeżeli kolejne następstwo warstw przepuszczal-

nych kilkakrotnie się powtarza, lub jeśli w warstwę przepuszczalną, wtrącone są pokłady nieprzepuszczalne o ograniczonym rozprzestrzenieniu. Ciśnienie w poszczególnych horyzontach może być różne, mimo pochodzenia z tego samego obszaru zasilania, jeżeli droga przebyta przez wodę pod ciśnieniem jest różnej długości, lub też przepuszczalność pokładów przewodzących różna. Różnice będą jeszcze większe, jeśli woda w poszczególnych horyzontach pochodzi z różnych obszarów zasilania. Na wydajność pokładów, prowadzących wody artezyjskie, wpływa tylko wielkość obszaru zasilania. Rozmiary obszaru pod ciśnieniem wpływają tyl-



Rys. 11.

Schemat tworzenia się wód artezyjskich w przekroju podłużnym.

ko na wielkość zbiornika, który w miarę czerpania większej ilości wody od otrzymywanej z obszaru zasilania, będzie się zmniejszał, co pociągnie za sobą zmniejszenie się ciśnienia i wydatku. Na stratę ciśnienia wpływa również wielkość oporów w przewodniku. Z tego powodu studnie, zapuszczane w tym samym przewodniku do różnej głębokości, mogą mieć różną wydajność, jeżeli zmienia się wielkość ziarn. Najczęściej zmniejsza się ona ku górze, skutkiem tego studnie, zapuszczone głębiej w ten sam pokład wodonośny, mogą mieć wydajność większą.

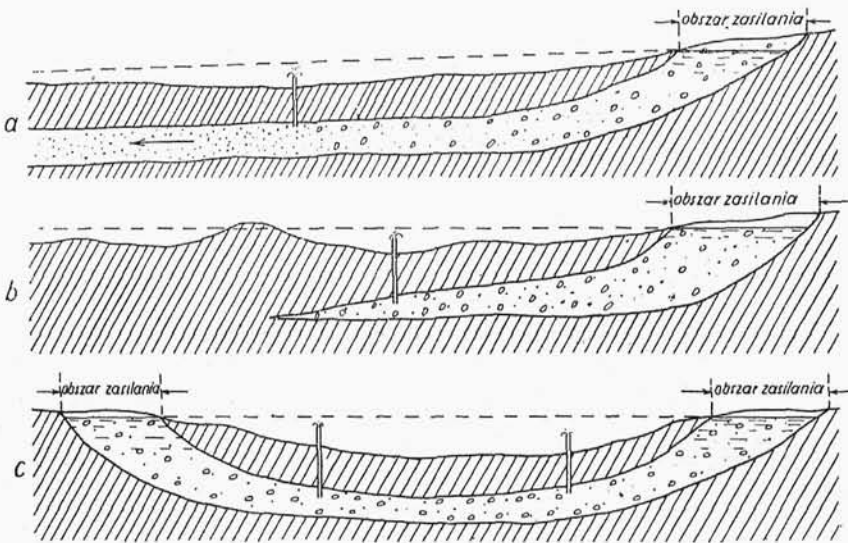
Układ pokładów, dla wytworzenia zbiorników wody artezyjskiej, może być bardzo rozmaity, najprostsze formy przedstawiają schematy podane na rys. 12 a, b, c.

W pierwszym schemacie (rys. 12 a), zmniejszająca się średnica ziarn w warstwie wodonośnej, którą woda wypływa na zewnątrz, powoduje zwiększenie się oporów. Dla przeprowadzenia tej samej ilości wody koniecznem staje się zwiększenie ciśnienia,

które na zewnątrz, objawi się podniesieniem się zwierciadła wody w obszarze zasilania.

W drugim wypadku (rys. 12 *b*) studnia artezyjska natrafiła na pokład wodonośny, wyklinowujący się w pośrodku pokładu nieprzepuszczalnego. Pokład ma wodę stojącą, znajdującą się pod ciśnieniem poziomu wody w obszarze zasilania.

Trzeci schemat (rys. 12 *c*) przedstawia wypadek normalny dla wód artèzyjskich. Pokład nieprzepuszczalny ma kształt niecki, mniej więcej równolegle przebiega warstwa wodonośna, zaś obszary zasilania znajdują się na krawędzi niecki. Zasilanie pokła-



Rys. 12 *a, b, c.*

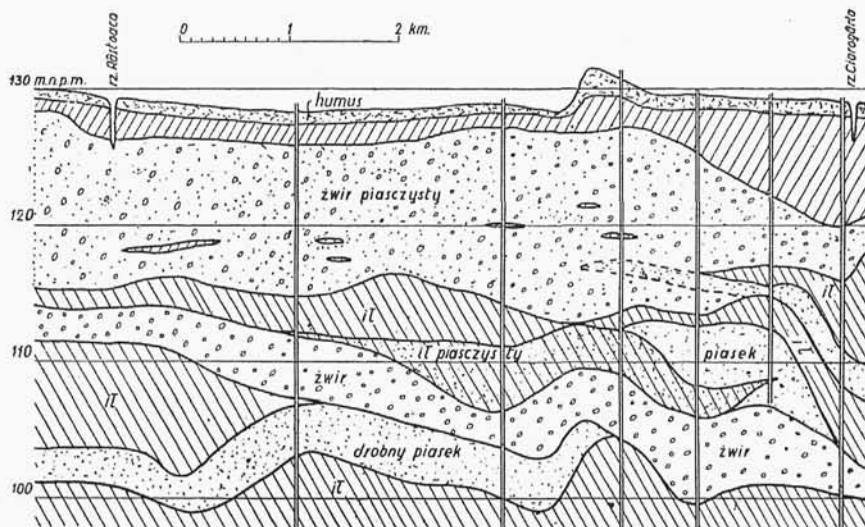
Schematy przekrojów poprzecznych wód artèzyjskich.

dów przewodzących wody artèzyjskie może odbywać się także przez przesiąkanie pionowe szczelinami, lub przez warstwy trudniej przepuszczalne. W ostatnich dwu schematach woda znajduje się w spoczynku, a jej nadmiar przelewa się przez obniżenia w krawędzi niecki.

W naturze rzadko spotykamy czyste typy, przedstawione w powyższych schematach. Przedewszystkiem i warstwy przewodzące i podtrzymujące wodę, mają miąższość bardzo zmienną, a przez to zmienne opory. Jeszcze w większym stopniu wpływają na zmienność oporów, zmieniające się średnice ziarn lub szczelin, kształt i jakość ziarn itp. czynniki. Skutkiem tego wytwarza się

ogromna nieregularność w układzie, porowatości i przepuszczalności warstwy przewodzącej, a następstwem tego jest różna wydajność studzien, założonych w bliskim sąsiedztwie. Tego rodzaju zjawiska spotykamy prawie przy wszystkich badaniach wodociągowych.

Na rys. 13 przedstawiony jest przekrój doliny rzeki Arges pod Bukaresztem pomiędzy dopływami Ciorogârla i Râstoaca. Koryta wód powierzchniowych wyżłobione są w pokładach słabo przepuszczalnych, podtrzymujących wodę zaskórną, pod nimi znajdują się kilkunastometrowe pokłady piasków i żwirów, podzielone cienką warstwą



Rys. 13.

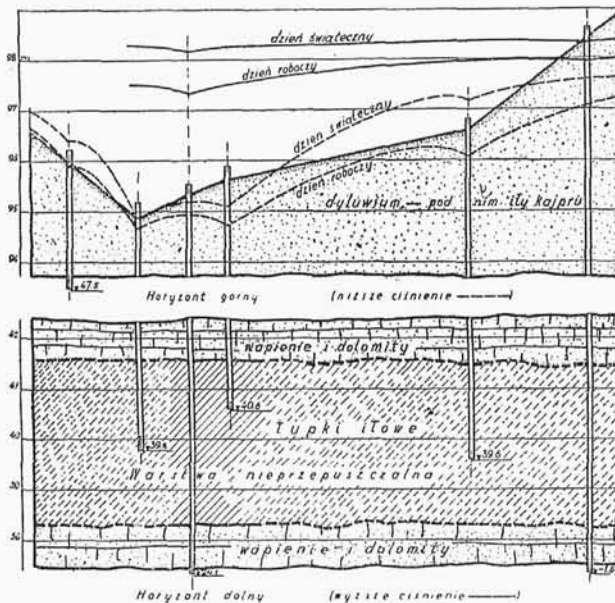
Przykład rozkładu warstw w dolinie alluwialno-dyluwialnej.

nieprzepuszczalną na dwa horyzonty wód gruntowych. Miąższość tych warstw jest bardzo niejednolita, prowadzą zaś one potężny strumień wód gruntowych, który Lindley¹²⁾, przeprowadzający te badania, szacował na 5 000 m³ na dobę i kilometr ujęcia.

Jako drugi przykład przytaczamy wodociągowe studnie artetyzkie, wykonane na terenie gminy Myszkowa, w dorzeczu górnej Warty (rys. 14). Woda pochodzi z dwóch horyzontów, przedzielonych warstwą nieprzepuszczalnych ilów. Pokładami, przewodzącymi wodę, są warstwy wapieni i dolomitów, u góry znajduje się nieprzepuszczalny pokład dyluwialny. Pokład dolny jest znacznie obfitszy w wodę, skutkiem czego linia depresyjna, w czasie poboru wody układa się w studniach dochodzących do dolnego horyzontu wyżej, niż w studniach pobierających wodę z horyzontu górnego. Nadto linie depresyjne zmieniają swoje położenie w zależności od spożycia (dni powszednie i świąteczne).

Do przyczyn, wytwarzających pokład wody gruntowej pod ciśnieniem, należą też silne pofałdowania warstw. Do powiększenia ciśnienia przyczynić się mogą w takim wypadku gazy zbierające się w siódlach, wówczas wiercenia, doprowadzone do siodeł, mogą dać wodę wytryskającą zmieszaną z gazem, natomiast wiercenia, które natrafią na łęk, dadzą wodę jedynie pod ciśnieniem. Z tego rodzaju zjawiskiem spotykamy się przy poszukiwaniu źródeł mineralnych, a jeszcze częściej przy wierceniach za ropą naftową.

W utworach trzeciorzędowych woda gruntowa znajduje się zarówno w pokładach luźnych jak i w skałach osadowych warstwo-



Rys. 14.

Dwa horyzonty wód artezyjskich.

wych, lub litych z siecią szczelin, a nawet wybuchowych przy odpowiedniej ilości i rozmiarach szczelin. W utworach starszych spotykamy wodę gruntową wyłącznie prawie w postaci wody szczelinowej, lub też płynącej w pokładach zwietrzałych. Naogół pokłady skalne mogą stać się dobrymi przewodnikami wody w następujących warunkach:

1. Jeżeli posiadają warstwy zwietrzałe.
2. Jeśli składają się z wielu cienkich warstw, a zwłaszcza jeżeli te warstwy posiadają różną przepuszczalność, np. naprzemian łupki i piaskowce.

3. Jeśli skały pochodzenia wulkanicznego są popękane i posiadają odpowiednią sieć szczelin.

4. Jeżeli w skałach osadowych zachodzi kombinacja obu poprzednich wypadków, co ma miejsce najczęściej w następstwie pofałdowań tektonicznych.

5. W skałach ulegających łatwo wymyciu (gipsy, wapienie).

Zwietrzałe pokłady skał nie różnią się co do przewodzenia wody od skał luźnych, tylko miąższość tego rodzaju warstw bywa przeważnie słabsza. Niektóre gatunki skał przybierają specjalny kształt, np. buły litotamniowe z wapienia tegoż pochodzenia.

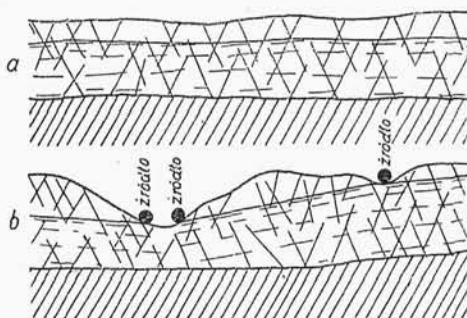
Przestrzenie wolne, między warstwami skał o różnej przepuszczalności, przedstawiają zwykle niewielki procent w stosunku do objętości pokładu, to też ilości wody przesiąkające w tego rodzaju warstwach są zwykle nieznaczne. Przytem ruch wody utrudniają sfałdowania tektoniczne, jakim najczęściej ulegają te pokłady.

Natomiast przestrzenie międzywarstwowe, łącznie z siecią szczelin, a nawet sieć samych szczelin może dać bardzo dużą porowatość. Tak np. według Imbeaux⁸⁾ w piaskowcach waha się porowatość w granicach od 2,4% do 37,7%, a więc dosięga porowatości piasków i żwirów. Objętość szczelin w wapieniach i gipsach wynosi od 0,53% do 37,2%, w granitach od 0,02% do 7,55% itp.

O ile szczeliny są gęste i systematycznie rozłożone, a wymiary ich przekraczają wymiary naczyń włoskowatych, wówczas pod względem przewodzenia wody mogą się nie wiele różnić od materiałów luźnych.

Na rys. 15 *a* i *b* przedstawione są, według Keilhack'a, pokłady wody gruntowej w warstwach wapienia kredowego w Champagne. Na rys. 15 *a* widoczna jest strefa nasycenia z wyraźnym zwierciadłem wody gruntowej, na rys. 15 *b* rzeźba terenu powoduje wytworzenie się źródeł w miejscach przecięcia się terenu z poziomem wody gruntowej.

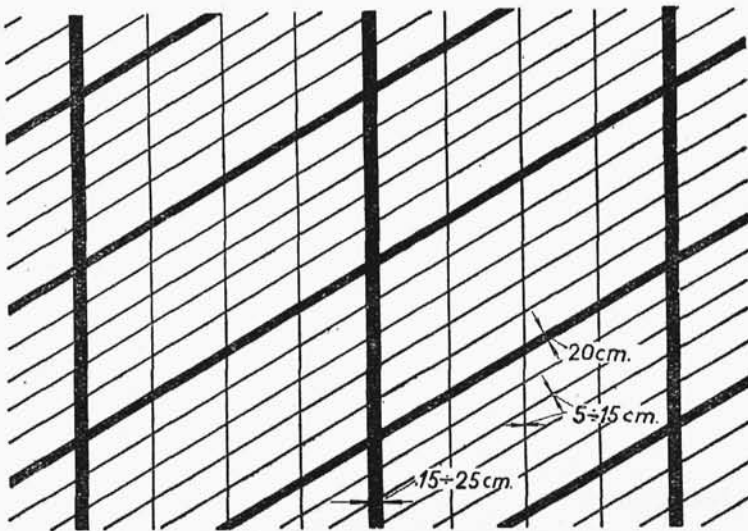
Gęsta sieć szczelin bywa zwykle regularną. Idealnie regularny układ szczelin



Rys. 15 *a*, *b*.

Woda gruntowa w pokładach skalnych silnie spękanych.

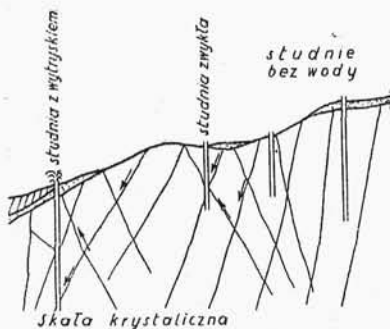
widoczny jest np. na rys. 16 przedstawiającym, według Keilhack'a, pokłady triasowego wapienia muszlowego w Bernburg. Podobny układ ma też piaskowiec kredowy w Saskiej Szwajcarji.



Rys. 16.

Regularny przebieg szczelin w pokładach wapienia.

Natomiast przy układzie szczelin mniej regularnym i dość rzadkim, trudno mówić o jednolitym pokładzie wodonośnym. W są-



Rys. 17.

Studnie w pokładach szczelinowych.

siadających z sobą szczelinach, może znajdować się woda w różnych warunkach ciśnienia, to też studnie wiercone w takim pokładzie, w zależności na jaką szczelinę natrafia, mogą być więcej lub mniej obfite w wodę, mogą jej nie posiadać zupełnie lub też dać wodę artezyjską. Przykład tego rodzaju podaje Imbeaux w wierceniach w pokładach granitowych, w stanie Connecticut (rys. 17). Podobnie, przy wiercieniu tunelu Gothard'a, napotymano na szczeliny o bardzo różnym wy-

datku wody, a nawet zupełnie jej pozbawione.